# THE AUTOMATIC MAGNETIC OBSERVATORY SYSTEM AMOS III

# LE RÉSEAU D'OBSERVATOIRES MAGNÉTIQUES AUTOMATIQUES AMOS III

**D. F. Trigg**
**A. Nandi**

85-3092/

Energy, Mines and Resources Canada
Earth Physics Branch

Énergie, Mines et Ressources Canada
Direction de la physique du globe

1 Observatory Crescent
Ottawa Canada
K1A 0Y3

1 Place de l'Observatoire
Ottawa Canada
K1A 0Y3

**Geomagnetic Service of Canada**

**Service géomagnétique du Canada**

# THE AUTOMATIC MAGNETIC OBSERVATORY SYSTEM AMOS III

# LE RÉSEAU D'OBSERVATOIRES MAGNÉTIQUES AUTOMATIQUES AMOS III

**D. F. Trigg**
**A. Nandi**

**Geomagnetic Series**
**Number 27**
**Ottawa, Canada 1984**

**Série géomagnétique**
**Numéro 27**
**Ottawa, Canada 1984**

© Minister of Supply and Services Canada 1985
© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1985

Published under the authority of
The Minister of Energy, Mines and
Resources Canada

Publié en vertu de l'autorisation du
Ministre de l'Énergie, des Mines
et des Ressources Canada

Copies are available from:

Distribution sur demande:

Earth Physics Branch
Energy, Mines and Resources Canada
1 Observatory Crescent
Ottawa, Canada
K1A 0Y3

Direction de la Physique du globe
Énergie, Mines et Ressources Canada
1, place de l'Observatoire
Ottawa, Canada
K1A 0Y3

Catalogue No. M74-32/27
ISBN: 0-662-53445-X
ISSN: 0704-3015

N° de catalogue M74-32/27
ISBN: 0-662-53445-X
ISSN: 0704-3015

**ABSTRACT**

Magnetic observatory instruments used in the Canadian network record digitally the components X, Y and Z derived from a fluxgate magnetometer at 1 nT resolution and F is obtained from a proton precession magnetometer at 0.1 nT resolution. F is obtained from a proton precession magnetometer at 0.1 nT resolution. A microcomputer provides digital filtering and produces 'minute' values which are recorded on a cartridge-type magnetic tape recorder. Other computed results such as hourly means and hourly ranges for each component can be accessed from a computer terminal connected via the telephone network. Extensive diagnostics are available and operator control of the system may be exercised from the remote terminal.

**RÉSUMÉ**

Les instruments magnétiques en opération dans le réseau canadien enregistrent en forme numérique les composants X, Y et Z, en provenance d'un magnétomètre du système fluxgate avec une définition de 1.0 nT. Le champ total "F" est fourni par un magnétomètre proton précession sensible jusqu'à 0.1 nT. Un micro-ordinateur fournit des valeurs filtrées numériquement et des valeurs minutes moyennes qui sont enregistrées sur bande magnétique. Plusieurs autres valeurs calculées, telles les moyennes et les variations horaires pour chaque composante du champ sont disponibles. L'accessibilité à ces données est possible via un terminal d'ordinateurs relié au système téléphonique. Plusieurs diagnostics de performances et de vérifications peuvent être effectuées à distance par un opérateur en utilisant un terminal d'ordinateurs.

## TABLE OF CONTENTS

| | Page |
|---|---|
| Abstract | iii |
| Introduction | 1 |
| Overview | 2 |
| System Objectives | 4 |
| Microcomputer | 6 |
| Isolation | 7 |
| Interrupts | 8 |
| Computations | 9 |
| Telephone Verification | 11 |
| Auxiliary CPU | 18 |
| CORPSE | 18 |
| Keypad Startup/Control | 19 |
| Operating Experience | 23 |
| References | 25 |

## TABLE DES MATIÈRES


| | Page |
|---|---|
| Résumé | iii |
| Introduction | 1 |
| Aperçu | 2 |
| Objectifs du réseau | 4 |
| Micro-ordinateur | 6 |
| Isolement électrique | 7 |
| Interruptions | 8 |
| Calculs | 9 |
| Vérification téléphonique | 11 |
| Unité centrale de traitement auxiliaire | 18 |
| CORPSE | 18 |
| Démarrage et commande à partir du bloc de touches | 19 |
| Résultats de l'exploitation | 23 |
| Références bibliographiques | 25 |

# THE AUTOMATIC MAGNETIC OBSERVATORY SYSTEM AMOS III

# LE RÉSEAU D'OBSERVATOIRES MAGNÉTIQUES AUTOMATIQUES AMOS III

D. F. Trigg
A. Nandi

## INTRODUCTION

Automatic digital recording of magnetic data at Canadian geomagnetic observatories was introduced in 1969. At that time two sites were equipped with a system subsequently named AMOS I (Automatic Magnetic Observatory System), which has been fully described (Andersen, 1974). New AMOS installations appeared at the rate of several per year until by 1974 all Canadian geomagnetic observatories used AMOS as the primary instrumentation. Over the period 1969-1974 considerable expertise in the editing of AMOS data was developed in response to operational needs. By 1974 a workable data gathering process was in place, with a large proportion of the total project effort having been devoted to the production of software suitable for the editing of the data recorded on magnetic tape. This software overhead has influenced the choices made in upgrading AMOS I.

In 1973 Andersen joined the staff of E.D.A. Electronics Ltd. to facilitate the transfer of this technology to industry by designing for the company a marketable AMOS product. The commercial product had significant differences from AMOS I. In order to avoid confusion about instruments the company named their system AMOS II and has manufactured and sold it under the terms of a licence issued by the Canadian government through the Canadian Patents and Development Corp. The most recent system, re-designed in the Earth Physics Branch, has been named AMOS III.

## INTRODUCTION

L'enregistrement numérique et automatique des données géomagnétiques aux observatoires géomagnétiques du réseau canadien remonte à 1969. À cette époque, deux emplacements étaient équipés d'un système qui reçut plus tard le nom de AMOS I (pour Automatic Magnetic Observatory System), dont Andersen fit une description complète en 1974. Ensuite, de nouvelles installations AMOS ont fait leur apparition à raison de quelques-unes par année jusqu'en 1974, au moment où tous les observatoires géomagnétiques du réseau canadien utilisaient comme principal instrument de mesure un système AMOS. Durant la période de 1969 à 1974, une très grande expérience a été acquise dans l'édition des données AMOS afin de répondre aux besoins de l'exploitation. En 1974, on disposait d'une méthode de collecte des données d'exploitation très satisfaisante. Durant ces années, on a beaucoup travaillé à la production d'un logiciel pouvant éditer les données enregistrées sur bande magnétique. L'existence de ce logiciel a influencé les choix qui ont été faits en vue de perfectionner le système AMOS I.

En 1973, Andersen est entré au servive de E.D.A. Electronics Ltd. afin de faciliter le transfert de cette technologie à l'industrie, et cette société a conçu un système AMOS commercialisable. Le système vendu sur le marché était passablement différent du système AMOS I. Afin que l'on ne confonde pas ces deux appareils de mesure, la société chargée de fabriquer et de vendre le nouveau système en vertu des prescriptions d'une licence délivrée par le gouvernement canadien, par l'entremise de la Société de développement et des brevets du Canada, lui donna le nom de AMOS II. Le dernier-né de ces systèmes, reconçu par la Direction de la physique du globe, a donc reçu le nom de AMOS III.

## OVERVIEW

The objective of the AMOS III design was to incorporate the existing AMOS I magnetometers into a new system based upon a microcomputer control unit, replacing in a cost-effective way the ageing and now unreliable digital components of AMOS I. An additional benefit was improved performance of the system monitoring and diagnostic capability.

A block diagram of AMOS III is presented in Figure 1. The microcomputer is programmed to maintain real time, control sequencing of events, initiate measurements, supervise data transfer to and from peripheral devices, perform all computation needed for instrument diagnostics and communicate with an operator or central computer facility. A fluxgate magnetometer converts the X, Y and Z magnetic field values to analog signals which are presented to three independent digital voltmeters (DVMs). Total field strength F is provided in digital form by the proton precession magnetometer (PPM). Once per minute, digitally filtered values of X, Y and Z along with an F value are stored in memory until sufficient data are on hand to write a record on the AMOS III tape recorder. Exact compatibility in data format with AMOS I is maintained so that no re-writing of editing software is required. The minute data are also incorporated into computations of hourly means, hourly ranges, etc. An additional fast sample (FS) tape recorder is available and AMOS III can be instructed to measure and record on this tape at intervals more frequent than once per minute. Such FS recording is independent of the normal data gathering process and can be started and stopped at any specified times. As an operator convenience, date and time are displayed on the clock display. This information is recorded on the AMOS III tape once per record (every 10 minutes). A digital thermometer using up to four independent sensors provides temperature readings at various points of interest and the readings from one sensor, mounted near the fluxgate sensing head, are written on tape. Default values of start-up parameters are available from the initialization switches. Figure 2 shows the complement of instruments and sensors which constitutes an AMOS III.

## APERÇU

L'objectif de la conception d'AMOS III était d'intégrer dans les magnétomètres actuels d'AMOS I un nouveau système utilisant une unité de commande à micro-ordinateur, en remplaçant des composants numériques à présent désuets et peu fiables d'AMOS I. Cette unité de commande à micro-ordinateur apportait en outre un avantage supplémentaire, soit l'amélioration de la performance des fonctions de surveillance et de diagnostic du système.

Le schéma fonctionnel d'AMOS III est illustré à la figure 1. Le micro-ordinateur est programmé pour entretenir le temps vrai, pour diriger la succession des événements, pour lancer les mesures, pour superviser les transferts de données dans les deux sens avec les périphériques, pour effectuer tous les calculs nécessaires au diagnostic des instruments et pour communiquer avec un opérateur ou une installation informatique centrale. Un magnétomètre à saturation convertit les composantes X, Y et Z du champ magnétique en signaux analogiques affichés sur les trois voltmètres numériques indépendants. L'intensité de champ totale, F, est fournie sous forme numérique par le magnétomètre de précession protonique. Une fois par minute, des valeurs filtrées numériquement de X, Y, Z et F sont mémorisées jusqu'à ce qu'il y ait suffisamment de données pour écrire un enregistrement sur la bande de l'enregistreur d'AMOS III. Le format de données de cet enregistrement est exactement compatible avec celui d'AMOS I de sorte que le logiciel d'édition n'a à procéder à aucune réécriture. Les données des minutes sont également incorporées dans le calcul des moyennes horaires, des fourchettes horaires etc. AMOS III est également muni d'un enregistreur de bande à échantillonnage rapide (ER) sur lequel il peut mesurer et enregistrer, si on lui en donne l'ordre, des données prises à des intervalles plus rapides qu'une minute. Les enregistrements sur cet appareil supplémentaire sont indépendants de la méthode normale de collecte des données, et les enregistrements peuvent débutes et finir à n'importe quel moment. Pour faciliter la tâche de l'opérateur, on affiche la date et l'heure sur le visuel de l'horloge. Cette information est inscrite sur la bande AMOS III dans chaque article (à toutes les dix minutes). Un thermomètre numérique faisant appel à un maximum de quatre capteurs indépendants relève les températures à différents points d'intérêt, et les lectures du capteur installé près

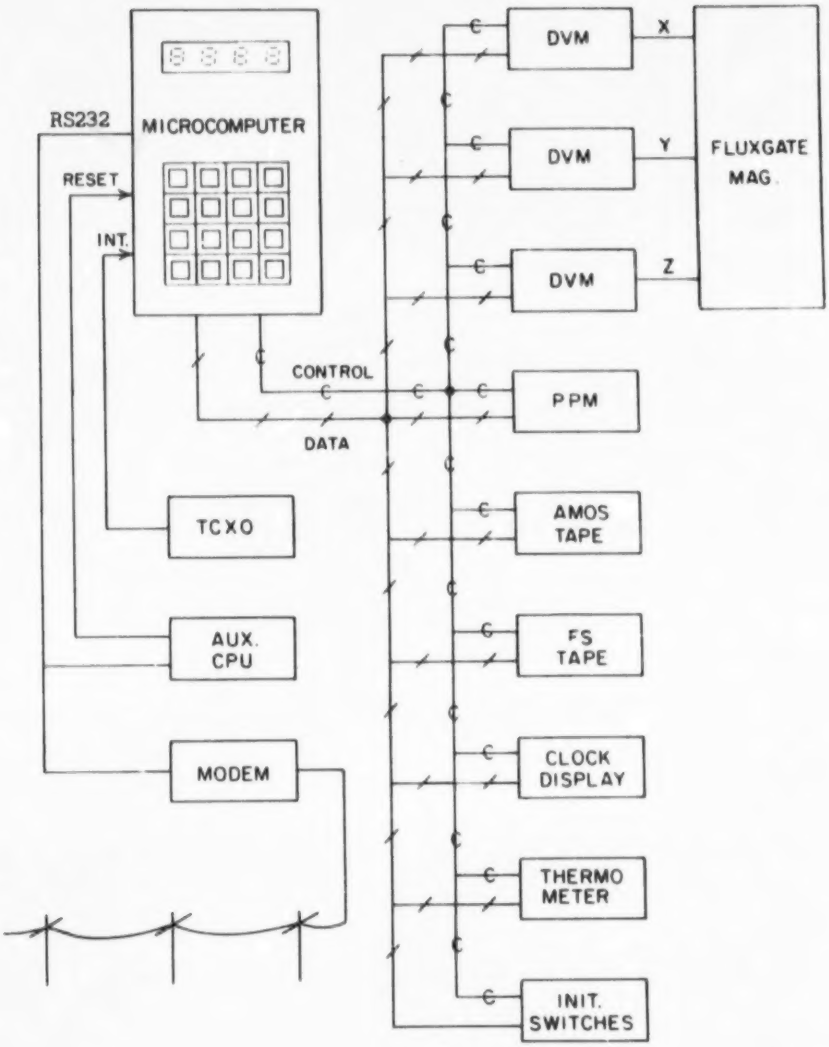


**Figure 1. Block diagram of AMOS III.**
**Schéma fonctionnel d'AMOS III.**

de la tête de détection du magnétomètre à saturation sont inscrites sur bande. Les valeurs par défaut des paramètres de démarrage sont lancées par les interrupteurs d'initialisation. On peut voir à la figure 2 les autres appareils de mesure et capteurs qui constituent le système AMOS III.

Communication with the operator occurs via the RS232 serial interface built into the microcomputer. Connection of a data terminal via this interface allows the operator extensive control of the system. This capability represents a considerable expansion of the telephone verification system (TVS) described by Andersen and implemented on AMOS I (Andersen, 1973). AMOS III TVS allows program operation to be aborted and restarted or diagnostic routines to be executed. Adjustment of time as recorded by AMOS III is permitted. Various data buffers such as raw data, hourly means and hourly ranges are available upon command. A number of instrument status parameters are checked each time a measurement is made and an error report is maintained and made available to the operator at the terminal. All this capability is accessible either at the AMOS III site or remotely via a communication link such as the telephone network, in which case the local data terminal is merely replaced by a modem. Much of the effort in the AMOS project has been expended on making this TVS capability both extensive and useful.

La communication avec l'opérateur se fait par l'intermédiaire de l'interface série RS232 intégrée au micro-ordinateur. Le raccordement d'un terminal de données par l'entremise de cette interface, permet à l'opérateur de contrôler tous les aspects du système. Cette possibilité constitue une extension importante du système de vérification téléphonique décrit par Andersen et mis en oeuvre dans AMOS I (Andersen, 1973). Le système de vérification téléphonique d'AMOS III permet de suspendre et de relancer l'exécution d'un programme ou d'exécuter les programmes de diagnostic. Le réglage du temps enregistré par AMOS III est aussi permis. On peut commander l'affichage de divers tampons de données comme celui des données brutes, des moyennes horaires et des fourchettes horaires. À chaque fois qu'une mesure est effectuée, certains paramètres de l'état des instruments sont vérifiés, et un rapport des erreurs est tenu à jour et peut être affiché sur le terminal à la demande de l'opérateur. Toutes ces données peuvent être obtenues soit à l'emplacement d'AMOS III ou à distance au moyen d'une liaison de communication comme celle du réseau téléphonique commuté. Dans ce dernier cas, le terminal de données local est simplement remplacé par un modem. La majeure partie des efforts consacrés au projet AMOS ont porté sur la réalisation d'un système de vérification téléphonique à la fois extensible et utile.

## SYSTEM OBJECTIVES

The tasks to be completed by AMOS III are as follows:

1. Produce minute values of magnetic field strength for X, Y, Z, F.

2. Check one-minute samples for errors and accumulate error reports for telephone verification system (TVS).

## OBJECTIFS DU SYSTÈME

Voici les tâches que peut effectuer AMOS III:

1. Production des valeurs minutes moyennes de l'intensité du champ magnétique de F et des composantes X, Y, Z.

2. Dépistage des erreurs dans les échantillons sur une minute moyenne et tenue à jour des rapports des erreurs pour le système de vérification téléphonique.

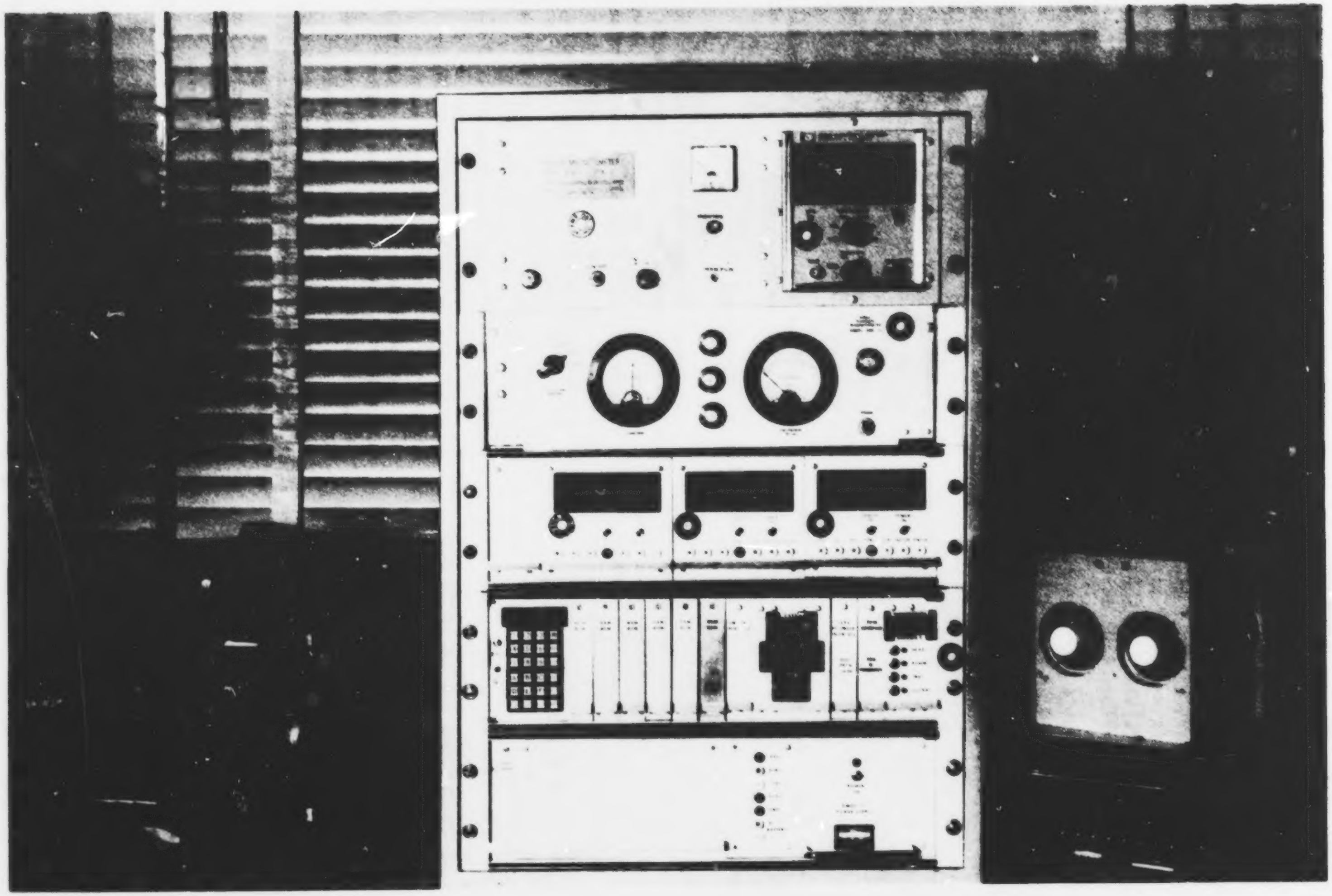

Figure 2. The complete AMOS III system.
La station AMOS III intégrale.

3. Store minute values on tape recorder.

4. Retain previous two hours minute values in memory as backup.

5. Compute hourly mean values and hourly ranges and retain previous five days data in memory.

6. Maintain a summarized history of equipment failure.

7. Accept operator commands from the remote TVS terminal to change parameters, display error reports or data, plot results, etc.

8. Provide for remote troubleshooting via diagnostic software.

MICROCOMPUTER

At the heart of the system is the microcomputer consisting of the central processing unit (CPU), random access memory (RAM), read only memory (ROM), asynchronous serial line interface (RS232), 8-bit parallel output port and keypad/display. This microcomputer is based on the RCA 1802, which at present is the standard 8-bit microcomputer used in the Earth Physics Branch. In this application a total of 20K bytes of ROM is used for program storage along with 16K bytes of RAM for data. Information can be entered via a 24-key keypad or alternatively via any RS232 compatible data terminal. An integral 8-digit display completes the microcomputer module, but since the digits are rather small the display has been augmented by the clock display. Information transfer between CPU and peripherals occurs on the 8-bit bidirectional data bus shown as hatched lines in Figure 1. Supervisory and synchronization signals are routed between CPU and peripherals on a separate control bus ('C's).

3. Mémorisation des valeurs minutes moyennes par le dérouleur de bande magnétique.

4. Conservation en mémoire des valeurs minutes moyennes pour les deux heures précédentes à titre de copie de sauvegarde.

5. Calcul des valeurs horaires moyennes et des fourchettes horaires, et conservation en mémoire des données des cinq jours précédents.

6. Tenue à jour d'un exposé succinct des pannes d'équipement.

7. Acceptation des ordres de l'opérateur provenant du terminal à distance TVS qui demandent le changement de paramètres, l'affichage des rapports des erreurs ou de données, le traçage des résultats, etc.

8. Dépannage à distance par l'entremise du logiciel de diagnostic.

MICRO-ORDINATEUR

Le coeur du système est le micro-ordinateur formé d'une unité centrale de traitement (UCT), d'une mémoire vive (RAM), d'une mémoire morte (ROM), d'une interface série et asynchrone de liaison (RS232), d'une porte de sortie parallèle à 8 bits et d'un bloc de touches-affichage. Ce micro-ordinateur est construit autour du boîtier RCA 1802, le micro-ordinateur à 8 bits standard que l'on utilise à la Direction de la physique du globe. Dans la présente application, on utilise 20 ko de mémoire morte pour le stockage du programme et 16 ko de mémoire vive pour l'inscription des données. Les informations sont introduites soit par l'intermédiaire d'un bloc de 24 touches ou d'un terminal de données compatible avec l'interface RS232. Le module du micro-ordinateur est complété par un affichage à 8 chiffres intégré; comme les chiffres sont plutôt petits, on a ajouté l'affichage des heures. Le transfert d'information entre l'unité centrale de traitement et les périphériques se fait au moyen du bus de données bidirectionnel à 8 bits (ce bus est illustré par des lignes hachurées sur la figure 1). Les signaux de supervision et de synchronisation échangés entre l'unité centrale et les périphériques empruntent le bus de commande séparé (les lignes marquées d'un C).

ISOLATION

DVM modules consist of an analog input buffer, a 17-bit A/D converter and interface logic. Power for each DVM is obtained from an isolating DC-DC converter dedicated to this task alone, as depicted in Figure 3. All logic signals which must reach external circuits are transferred via optical isolaters. As a result, the only direct electrical connection between the DVM and other apparatus is via the SIGNAL IN line and the isolated SIGNAL COMMON. The importance of this arrangement cannot be overemphasized. In this application the resolution of analog measurements is 100 microvolts, a signal which can be generated by a mere 1 milliamp current flowing through a ground lead of 0.1 ohm resistance. Care must be taken to ensure that the signal input leads are connected at points in the circuit which yield the desired magnetometer output yet exclude potentials developed through common ground returns.

ISOLEMENT

Les modules des voltmètres numériques sont constitués d'un tampon d'entrée analogique, d'un convertisseur A/N à 17 bits et des circuits logiques d'une interface. L'alimentation de chaque voltmètre numérique est délivrée par un convertisseur d'isolement continu-continu ne servant qu'à cette tâche (voir figure 3). Tous les signaux logiques qui doivent parvenir à des circuits externes sont transférés au moyen d'isolateurs optiques. Il en résulte que la seule connexion électrique directe entre le voltmètre numérique et un autre appareil est celle des liaisons du SIGNAL D'ENTRÉE et de la MASSE isolée. Il ne faut surtout pas sous-estimer l'importance d'un tel arrangement. Dans la présente application, la résolution des mesures analogiques est de 100 microvolts, c'est-à-dire le signal produit par un très faible courant d'un milliampère passant dans un fil de masse d'une résistance de 0,1 ohm. On doit donc prendre soin de veiller à ce que les fils du signal d'entrée soient raccordés à l'endroit du circuit qui produit la sortie voulue du magnétomètre, et à ce que les différences de potentiel qui apparaissent dans les fils de retour de la masse commune soient éliminées.

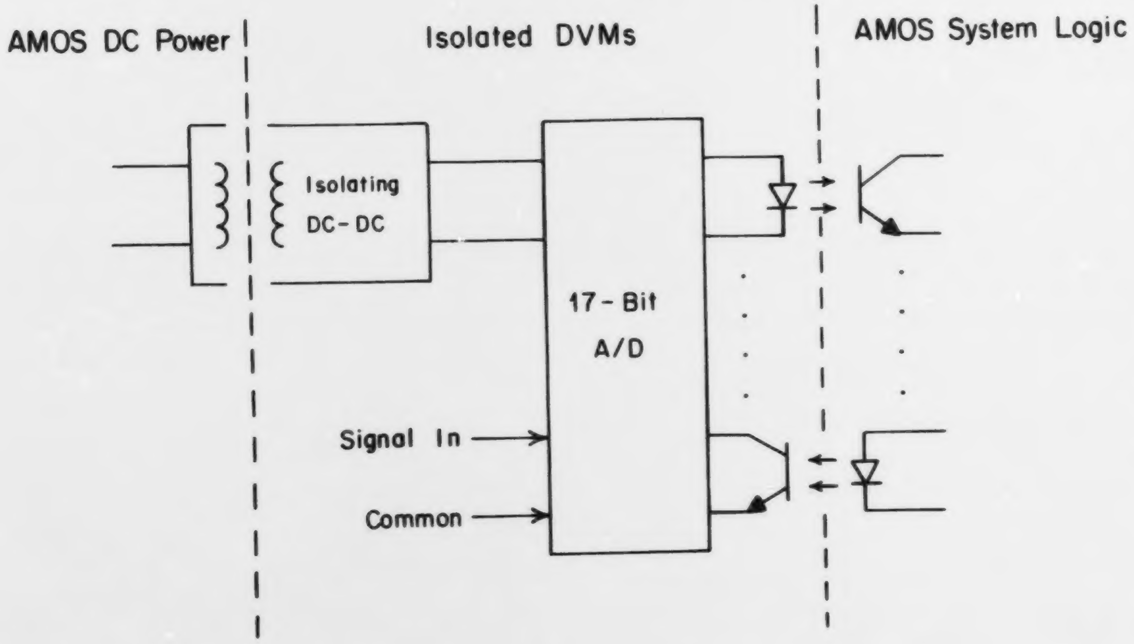


Figure 3. DVM electrical isolation.
Isolement électrique du voltmètre numérique.

**INTERRUPTS**

Basic system timing pulses are received by the CPU on its interrupt line. These are provided by the temperature compensated crystal oscillator at 200 millisecond intervals with a stability sufficient to allow the CPU to keep time accurate to better than 2 seconds per month. All input/output is programmed, with the result that timing pulses are the only interrupts dealt with by the CPU.

The interrupt service routine handles all high-priority computing. This routine is entered upon receipt of the clock interrupt every 200 milliseconds. Time counts are maintained in memory for year, Julian day, hour, minute and second and the results are sent to the clock display. Leap years are taken into account. Commands to alter the time are noted in the interrupt routine. If a 'decrement by 200 milliseconds' command is issued then one interrupt is skipped and if 'decrement by 1 second' then 5 interrupts are skipped. Thus, the effect of a decrement command is to create a pause for the appropriate duration. 'Increment by 200 milliseconds' results in an increment of the interrupt counter. 'Increment by 1 second' causes the seconds counter to be advanced.

On the five interrupts 0-4 occuring during one second, action is as follows:

0 - Trigger 3 DVMs to begin measurement cycle.

1 - Read 3 DVMs then re-trigger.

2 - Read 3 DVMs then re-trigger.

3 - Read 3 DVMs.

4 - Take median values of X, Y, Z and insert in running averages.

**INTERRUPTIONS**

Les impulsions de synchronisation du système de base arrivent à l'unité centrale de traitement sur sa ligne d'interruption. Elles proviennent à toutes les 200 millisecondes de l'oscillateur à quartz thermocompensé dont la stablité permet à l'unité centrale de marquer le temps avec une erreur inférieure à deux secondes par mois. Toutes les entrées et sorties sont programmées, de sorte que les seules interruptions que doit régler l'unité centrale de traitement sont les impulsions de synchronisation.

Le programme de service des interruptions effectue tous les calculs très prioritaires. Ce programme est lancé à la réception de l'interruption d'horloge, c'est-à-dire à toutes les 200 millisecondes. Les décomptes du temps sont gardés en mémoire pour l'année, la journée julienne, l'heure, la minute et la seconde; les résultats sont envoyés à l'affichage d'horloge. Les années bissextiles sont prises en considération. Les ordres de modification du temps sont notés dans le programme des interruptions. Si un ordre de «décrémentation par 200 millisecondes» est lancé, on saute une interruption, et si l'ordre est une «décrémentation par une seconde», cinq interruptions sont sautées. L'effet d'un ordre de décrémentation est donc de retarder l'interruption d'une durée correspondante. Un ordre d'«incrémentation par 200 millisecondes» provoque l'incrémentation du compteur d'interruption. Un ordre d'«incrémentation par une seconde» fait avancer le chiffre des secondes du compteur.

Durant les cinq interruptions notées 0 à 4 qui surviennent pendant une secondes voici ce qui se produit:

0 - Déclenchement des trois voltmètres numériques pour lancer le cycle de mesure.

1 - Lecture des 3 voltmètres et redéclenchement.

2 - Lecture des 3 voltmètres et redéclenchement.

3 - Lecture des 3 voltmètres.

4 - Lecture des valeurs médianes de X, Y, Z et réinsertion dans les moyennes actuellement traitées.

Operations within the interrupt routine are restricted to the minimum possible for proper operation of the system. Reading and triggering of DVMs is a very quick process although the DVMs themselves integrate for 33 1/3 milliseconds. Once the DVMs are triggered the interrupt routine is exited and the readings are assumed valid at the next interrupt. In this way no time is wasted looping on status signals and the maximum processing time is available to the background routines.

Les opérations du programme des interruptions sont restreintes au fonctionnement proprement dit du système. La lecture et le déclenchement des voltmètres numériques sont un processus très rapide même si les voltmètres font l'intégration sur une période de 33 millisecondes 1/3. Après le déclenchement des voltmètres, le programme d'interruption retourne la main à l'unité centrale et les lectures sont supposément valides à l'interruption suivante. De cette façon, il n'y a pas de temps perdu dans une boucle à attendre les signaux d'état, et les programmes d'arrière-plan disposent du maximum de temps pour le traitement.

## COMPUTATIONS

Computations are made at basic intervals of 1 second, 1 minute and 1 hour. For the sake of simplicity the process as it applies to the Y component will be used for illustration. Similar processes apply to the X and Z channels.

Each one-second sample of a magnetic component is derived by taking the median value of the set of DVM readings triggered at 000, 200 and 400 milliseconds after the second. Such samples of the Y component, for example, are used in a filtering algorithm (Kuberry et al., 1979) to compute Y where:

$$Y_t = Y_{t-1}+(M_t - Y_{t-1})/C$$

M = median value
t = current second
t-1 = previous second
C = constant

This algorithm represents a first order low-pass digital filter. The contant C has been set at 10 so that the -3db point occurs at 1 minute period.

The minute value $Y_m$ is defined as:

$$Y_m = (Y_{-30}+Y_{-20}+Y_{-10}+Y_0+Y_{10}+Y_{20}+Y_{30})/7$$

where subscripts refer to seconds before and after the minute. Averaged values, centered upon the minute in this way, are retained in memory and written on tape every 10 minutes. Once $Y_m$ is obtained it is tested to see whether or not it is less than the minimum or greater than the

## CALCULS

Les calculs sont effectués à des intervalles de base d'une seconde, d'une minute et d'une heure. Pour simplifier l'exposé, nous n'illustrons que les calculs pour la composante Y. Les mêmes calculs sont effectués pour les composantes X et Z.

Chaque échantillon sur une seconde d'une composante du champ magnétique est constitué par la prise de la valeur moyenne de l'ensemble des lectures du voltmètre, déclenchées à 000, 200 et 400 millisecondes après le «top» seconde. Par exemple, les échantillons de la composante Y sont utilisés dans un algorithme de filtration (Kuberry et autres, 1979) pour calculer Y:

$$Y_t = Y_{t-1}+(Y_t - Y_{t-1})/C$$

M = la valeur moyenne
t = seconde actuelle
t-1 = seconde antérieure
C = constante

Cet algorithme a le même effet qu'un filtre numérique passe-bas de premier ordre. La constante a été fixée à 10 de sorte que le point de -3 dB est atteint après une minute.

La valeur minute moyenne $Y_m$ est définie comme suit:

$$Y_m = (Y_{-30}+Y_{-20}+Y_{-10}+Y_0+Y_{10}+Y_{20}+Y_{30})/7$$

où les indices inférieurs correspondent aux secondes avant et après la minute. Ces valeurs moyennes, dont la valeur centrale est sur la minute, sont mémorisées et inscrites sur bande à toutes les dix minutes. Dès que $Y_m$ est calculé, il est testé pour voir s'il est inférieur à la

maximum Y so far encountered and stored during the current hour. If either is the case, the new value of $Y_m$ replaces that former limit. When the 60th minute value has been recorded the difference between maximum and minimum minute values is stored in memory as the hourly range of Y. $Y_m$ is also added to the sum of all preceding minute values accumulated since the beginning of the hour. At the 60th minute the sum is divided by 60 to provide the mean hourly Y.

valeur minimale ou supérieur à la valeur maximale de Y mesurée jusqu'à présent, et mémorisée durant l'heure courante. Si c'est l'un ou l'autre cas, cette valeur remplace l'ancienne limite. Au moment de l'enregistrement de la 60e valeur de minute moyenne, la différence entre la valeur maximale et la valeur minimale est mise en mémoire dans la rubrique «fourchette horaire» pour Y. $Y_m$ est également ajouté à la somme de toutes les valeurs minutes moyennes cumulées depuis le début de l'heure. À cette dernière minute, la somme est divisée par 60 afin d'obtenir la moyenne horaire des Y.

Several calculations are intended to provide information about the integrity of system operation. A sequential difference in minute values is formed and if it exceeds a predefined limit an error is recorded for that component:

If $(Y_m - Y_{m-1}) > \pm L_y$ then error

m = minute
m-1 = previous minute
$L_y$ = operator-defined constant

This type of check is helpful for spotting DVM problems. A quantity F* is also calculated where:

$F^* = SQRT(X^2+Y^2+Z^2)$

Performance of the fluxgate magnetometer can be compared with that of the PPM by comparing F* with F. These quantities should track although pier difference, imperfection in fluxgate sensor alignment and other errors such as fluxgate offset mean that F* and F are seldom equal. Tracking is monitored by producing sequential differences in F-F*.

If $(F-F^*)_m - (F-F^*)_{m-1} > \pm 5$ nT, then error.

This is a useful indicator for determining malfunctions in the PPM since bad PPM readings tend to have large scatter. Gross errors in fluxgate performance can show up here but this indicator is necessarily insensitive to changes in one or another of X, Y or Z.

Plusieurs calculs visent à informer l'opérateur de l'intégrité du fonctionnement du système. Une différence de deux valeurs minutes moyennes successives est calculée, et si elle dépasse une limite fixée à l'avance, il y a enregistrement d'une erreur pour cette composante:

Si $(Y_m - Y_{m-1}) > \pm L_y$ alors inscrire erreur

m = minute
m-1 = minute précédente
$L_y$ = constante fixée par l'opérateur

Ce genre de vérification aide à déceler les problèmes qu'aurait le voltmètre numérique. Une grandeur F* est également calculée par:

$F^* = SQRT(X^2+Y^2+Z^2)$

Le rendement du magnétomètre à saturation peut être comparé à celui du magnétomètre à protons grâce à la comparaison de F* avec F. Ces grandeurs sont rarement égales lorsqu'il y a des différences de calage, une imperfection dans l'alignement du capteur à saturation ou un écart de la saturation. La poursuite est surveillée grâce au calcul de la différence de deux valeurs successives de F - F*:

Si $(F-F^*)_m - (F-F^*)_{m-1} > \pm 5$ nT, alors il y a erreur.

C'est un indicateur utile des défaillances du magnétomètre à protons, car un magnétomètre à protons défectueux a tendance à avoir une grande dispersion. Les erreurs du rendement de la sonde à saturation peuvent apparaître ici, mais cet indicateur est évidemment insensible aux changements de l'une ou l'autre des composantes X, Y ou Z.

TELEPHONE VERIFICATION (TVS)

A primary objective in the design of AMOS III was to incorporate an extensive capability for monitoring and controlling many systems from a remote terminal and ultimately, recovering the raw data remotely. Since this task was to be done via the standard telephone network it was deemed necessary to protect against unauthorized access. Accordingly, a technique has been adopted which is similar to security procedures used to limit access to central computer facilities.

Each AMOS III is assigned it's own 2-digit identification number. Operator commands to the system also take the form of 2-digit numbers, called function codes. When the TVS operator wishes to establish contact he must dial the relevant telephone number. Once the call is answered, the TVS operator must enter the LOGIN procedure by issuing function code 30 followed by the appropriate command sequence, which includes a password. If this LOGIN succeeds the system will respond to further operator commands. If not, a prompt of ?? is returned and the operator may attempt another LOGIN. After 10 unsuccessful attempts the system will hang up the telephone. An heirarchy of passwords exists in which a level 1 password allows access only to function codes designated at that level. Qualification of a password at level 2 grants access to all level 1 and level 2 function codes, etc. Table 1 lists the function codes in numerical order along with their password qualification levels.

Table 2 lists the error codes, which represent various system states. These codes are alphabetically ordered according to their probable frequencies of occurrence, estimated from the experience of operating AMOS I under similar field conditions. Alphabetical ordering ensures that detailed error messages will stay as short as possible in order to reduce telecommunication costs. Also, to help keep the detailed error messages short, each type of error occuring in a day is allowed to generate a maximum of 5 lines

VÉRIFICATION TÉLÉPHONIQUE

Un des premiers objectifs que l'on s'était fixés lors de la conception d'AMOS III était d'incorporer une fonction importante de surveillance et de contrôle des nouveaux systèmes à partir d'un terminal à distance et, éventuellement, de récupérer les données brutes à partir d'un tel terminal. Étant donné que cette tâche devait se faire par l'entremise du réseau téléphonique commuté, il nous a semblé indispensable de protéger le système contre les accès non autorisés. C'est pourquoi on a adopté une technique semblable à la protection mise en oeuvre pour limiter l'accès à des installations informatiques centrales.

Chaque station AMOS III a reçu un numéro d'identification de deux chiffres. Les ordres de l'opérateur envoyés au système se présentent également sous forme de nombres à deux chiffres, appelés codes de fonction. Lorsque l'opérateur du système de vérification téléphonique désire établir un contact, il doit composer le numéro de téléphone pertinent. Une fois que l'appel est reçu, il doit amorcer la procédure d'ENTRÉE EN COMMUNICATION en émettant un code fonction 30 suivi par la séquence d'ordres appropriée, qui comprend un mot de passe. S'il réussit à ENTRER EN COMMUNICATION, le système répondra aux autres ordres qui suivront. S'il échoue, le message guide ?? apparaît sur son écran et l'opérateur peut tenter une autre ENTRÉE EN COMMUNICATION. Après dix essais infructueux, le système raccroche. Il existe une hiérarchie de mots de passe: c'est ainsi qu'un mot de passe de niveau 1 n'autorise l'accès qu'aux codes de fonctions réservés à ce niveau. Un mot de passe de niveau 2 permet d'utiliser tous les codes de fonction du niveau 1 et du niveau 2. Le tableau 1 énumère les codes de fonction par ordre numérique ainsi que le niveau du mot de passe.

Par ailleurs, on trouve au tableau 2 la liste des codes d'erreur qui indiquent les divers états du système. Ces codes sont classés par ordre alphabétique selon leurs fréquences probables d'apparition, fréquences estimées à partir de notre expérience du fonctionnement d'AMOS I dans des conditions analogues sur le terrain. L'ordre alphabétique garantit que les messages d'erreur détaillés seront aussi courts que possible afin de réduire le tarif des télécommunications. De plus, pour garder les messages d'erreur

TABLE 1 - TVS Commands

| Code | Function | Level |
|---|---|---|
| 11A-11F | Error summary for today, yesterday, ... | 2 |
| 12A-12F | Hourly means for today, yesterday,... | 1 |
| 13A-13F | Hourly ranges for today, yesterday,... | 2 |
| 14A-14F | Detailed error messages for today, yesterday,... | 2 |
| 16 | Status of AMOS and FS tape decks | 2 |
| 17 | Plot AMOS minute values (smoothed) | 2 |
| 18 | Print AMOS minute values (smoothed) | 2 |
| 19 | Temperature from 4 sensors | 2 |
| 20 | Startup parameters | 2 |
| 21 | Stop plot | 1 |
| 22 | Specify FS tape start, stop | 2 |
| 23 | Stop FS tape at end of record | 2 |
| 24 | Show values specified for FS tape | 2 |
| 27 nn | Plot raw data at interval nn (nn = 04 to 99) | 2 |
| 27Snn | Plot smoothed data at interval nn | 2 |
| 27Bnn | Plot both raw and smoothed data at interval nn | 2 |
| 29 | Print AMOS data buffer (smoothed), 11 records | 1 |
| 30 | Login | 1 |
| 31 | Logout | 1 |
| 41A | Add a password to level 1 | 3 |
| 41D | Delete a password from level 1 | 3 |
| 42 | Statistics of level 1 password usage | 3 |
| 43A | Write EOF on AMOS tape | 3 |
| 43F | Write EOF on FS tape | 3 |
| 85 | Clear 'Background' and 'Interrupt' counters | 3 |
| 86 | Print 'Background' and 'Interrupt' counters | 3 |
| 87 | Switch FS tape on and off alternately | 4 |
| 88 addr | Dump 32 bytes from memory at address | 3 |
| 89 addr pq | Set data pq (up to 16 bytes) into memory at address | 4 |
| 98 | Restart AMOS from TVS | 3 |
| 99 | Start utility program CORPSE | 3 |
| csL | Increment seconds | 2 |
| csM | Decrement seconds | 2 |
| csN | Increment 1/5 second | 2 |
| csO | Decrement 1/5 second | 2 |
| cH | Backspace | 1 |
| cX | Cancel line | 1 |
| Rept cA | Stop output | 1 |

c = CTRL, s = SHIFT

TABLEAU 1 - Ordres du service de vérification téléphonique

| Code | Fonction | Niveau |
|---|---|---|
| 11A-11F | Sommaire des erreurs pour aujourd'hui, hier,... | 2 |
| 12A-12F | Moyenne horaire pour aujourd'hui, hier,... | 1 |
| 13A-13F | Fourchette horaire pour aujourd'hui, hier,... | 2 |
| 14A-14F | Messages d'erreur détaillés pour aujourd'hui, hier, | 2 |
| 16 | État des dérouleurs de bande mangétique AMOS et ER | 2 |
| 17 | Traçage des valeurs minutes moyennes d'AMOS (lissées) | 2 |
| 18 | Impression des valeurs minutes moyennes d'AMOS (lissées) | 2 |
| 19 | Température relevée par les 4 capteurs | 2 |
| 20 | Paramètres de démarrage | 2 |
| 21 | Arrêt du traçage | 1 |
| 22 | Spécification de l'heure de début, de fin de la bande ER | 2 |
| 23 | Arrêt de la bande ER à la fin de l'article | 2 |
| 24 | Affichage des valeurs spécifiées pour la bande ER | 2 |
| 27 nn | Traçage des données brutes à intervalles nn (nn = 04 à 99) | 2 |
| 27 Snn | Traçage des données lissées à intervalles nn | 2 |
| 27 Bnn | Traçage des données lissées et brutes à intervalles nn | 2 |
| 29 | Impression du tampon des données AMOS (lissées), 11 articles | 1 |
| 30 | Entrée en communication | 1 |
| 31 | Fin de la communication | 1 |
| 41A | Ajout d'un mot de passe au niveau 1 | 3 |
| 41D | Suppression d'un mot de passe du niveau 1 | 3 |
| 42 | Statistiques de l'utilisation d'un mot de passe de niveau 1 | 3 |
| 43A | Écriture EOF (fin du fichier) sur la bande AMOS | 3 |
| 43F | Écriture de EOF sur la bande ER | 3 |
| 85 | Mise à zéro des compteurs «arrière-plan» et «interruption» | 3 |
| 86 | Impression du contenu des compteurs «arrière-plan» et «interruption» | 3 |
| 87 | Mise en march et arrêt alternés de la bande ER | 4 |
| 88 addr | Vidage de 32 octets de la mémoire à l'adresse indiquée | 3 |
| 89 addr pq | Mémorisation d'une foule de données (maximum 16 octets) à l'adresse indiquée | 4 |
| 98 | Redémarrage d'AMOS à partir du système de vérification téléphonique | 3 |
| 99 | Lancement du programme de service CORPSE | 3 |
| csL | Incrémentation des secondes | 2 |
| csM | Décrémentation des secondes | 2 |
| csN | Incrémentation de 1/5 de seconde | 2 |
| csO | Décrémentation de 1/5 de seconde | 2 |
| cH | Espacement arrière | 1 |
| cX | Annulation d'une ligne | 1 |
| Rept cA | Arrêt de la sortie | 1 |

c = CTRL, s = SHIFT

TABLE 2 - Error Codes

| Code | Meaning |
|---|---|
| A | Clock adjustment or initialization |
| B | Parity error on AMOS tape |
| C | Sequential difference in minor horizontal component exceeded range |
| D | Sequential difference in major horizontal component exceeded range |
| E | Sequential difference in vertical component exceeded range |
| F | Sequential difference in (F-F*) exceeded 5 nT |
| G | A/D over-range in minor horizontal component |
| H | A/D over-range in major horizontal component |
| J | A/D over-range in vertical component |
| K | PPM over-range |
| L | Tension error on AMOS tape deck |
| M | Power off at AMOS tape deck |
| N | Power off at A/D for minor horizontal component |
| P | Power off at A/D for major horizontal component |
| R | Power off at A/D for vertical component |
| S | Time reset |
| T | Power off at PPM |
| U | Error message buffer has overflowed |
| V | Temperature too high |
| W | Temperature too low |
| X | Parity error on FS tape deck |
| Y | Tension error on FS tape deck |
| Z | Power off on FS tape deck |

TABLEAU 2 - Codes d'erreur

| Code | Signification |
|---|---|
| A | Réglage ou initialisation de l'horloge |
| B | Erreur de parité sur la bande AMOS |
| C | La différence de deux valeurs successives de la composante horizontale mineure excède l'intervalle |
| D | La différence de deux valeurs successives de la composante horizontale majeure excède l'intervalle |
| E | La différence de deux valeurs successives de la composante verticale excède l'intervalle |
| F | La différence de deux valeurs successives de (F-F*) excède 5 nT |
| G | Dépassement de l'intervalle A/N de la composante horizontale mineure |
| H | Dépassement de l'intervalle A/N de la composante horizontale majeure |
| J | Dépassement de l'intervalle A/N de la composante verticale |
| K | Dépassement de l'intervalle de mesure du magnétomètre à protons |
| L | Erreur de tension de la bande du dérouleur de bande magnétique AMOS |
| M | Le dérouleur de bande AMOS n'est pas sous tension |
| N | Le convertisseur A/N n'est pas sous tension pour la composante horizontale mineure |
| P | Le convertisseur A/N n'est pas sous tension pour la composante horizontale majeure |
| R | Le convertisseur A/N n'est pas sous tension pour la composante verticale |
| S | Remise à zéro de l'heure |
| T | Le magnétomètre à protons n'est pas sous tension |
| U | La capacité du tampon du message d'erreur est dépassée |
| V | Température trop élevée |
| W | Température trop basse |
| X | Erreur de parité sur la bande ER |
| Y | Erreur de tension de la bande ER |
| Z | Le dérouleur de bande ER n'est pas sous tension |

of message. Subsequently, if the error still persists, it is displayed in the detailed message only if some other error also occurs at the same time. Regardless of whether or not the error code appears in the detailed message, its count is returned in the error summary.

An illustration of a TVS interrogation of instrument number 11 appears in Figure 4. Function codes typed by the operator have been underlined for clarity. The first function code, 11A, produced a summary of error codes for "today", i.e., day 223. Repetition 3 times of the error codes F and V is a precaution against transmission error. Interpretation of the error codes is made with reference to Table 2. The sequential difference in F-F* twice exceeded 5 nT (error F) and 3 times the temperature exceeded a preset limit (error V). An expansion of the information obtained from 11A is displayed following function code 14A. Here the protection against transmission error is provided by the positional dependency of the error codes. The numbers in the left hand column give the time of day for the error.

Function codes 12A and 12F produce hourly means (nT) for "today" (day 223) and for 5 days ago (day 218) respectively. Each line consists of identification number, day, starting hour, component and values in nT. Only the 4 least significant digits are kept to save memory space. The operator will be expected to know the most significant digit, if necessary by using function code 18. Blanks in a line indicate that data is not yet available for that time. Hourly ranges in a similar format are produced using function code 13A for day 223. Range figures are in nT. AMOS III minute values are monitored by means of function code 18. Data is typed as it is gathered, one line per minute. The values are accumulated internally and written on tape every 10 minutes. Function code 20 produces this instrument's start-up parameters. The first line is self-explanatory. All other data consists of limits which have default values but can be changed by the operator. Line 2 displays the high and low limits of temperature (°C) beyond which an error flag is generated. Also in line 2 is the minimum allowable

détaillés aussi courts que possible, chaque type d'erreur qui survient en une journée ne peut produire plus de cinq lignes de message. Ultérieurement, si l'erreur persiste, elle est affichée dans le message détaillé, son décompte est communiqué dans le sommaire des erreurs.

On peut voir à la figure 4 une illustration d'une interrogation par le système de vérification téléphonique de l'instrument n° 11. Les codes de fonction dactylographiés par l'opérateur ont été soulignés pour plus de clarté. Le premier code de fonction, soit 11A, donne lieu à un sommaire des codes d'erreur pour «aujourd'hui», c'est-à-dire le jour 223. L'inscription de trois codes d'erreur F et de trois codes d'erreur V est une précaution en cas d'erreur de transmission. L'interprétation des codes d'erreur est effectuée au moyen de la table 2. La différence de deux valeurs successives de F-F* a dépassé deux fois 5 nT (erreur F), et trois fois la température a dépassé une limite établie à l'avance (erreur V). Les renseignements qui suivent le code fonction 14A donnent plus d'explications sur l'information obtenue au moyen du code 11A. Dans le cas présent, c'est la position où est inscrit le code d'erreur qui nous protège contre une erreur de transmission. Les chiffres de la colonne de gauche donnent l'heure du jour à laquelle est survenue l'erreur.

Les codes de fonction 12A et 12F font imprimer respectivement les moyennes horaires (nT) d'«aujourd'hui» (journée 223) et d'il y a cinq jours (journée 218). Chaque ligne est formée d'un numéro d'identification, de la journée, de l'heure de départ, de la composante et de la valeur en nanoteslas. Seuls les quatre derniers chiffres significatifs sont mémorisés. L'opérateur pourra connaître le chiffre le plus significatif, s'il en a besoin, en faisant appel au code de fonction 18. Une ligne de blancs indique que les données ne sont pas encore disponibles à ce moment-ci. Des fourchettes horaires ayant un format analogue aux moyennes horaires sont produites à l'aide du code de fonction 13A pour la journée 223. Les chiffres de la fourchette sont en nanoteslas. Les valeurs minutes moyennes d'AMOS III sont surveillées au moyen du code de fonction 18. Les données sont dactylographiées selon la procédure de collecte, c'est-à-dire une ligne par minute. Le format de présentation est constitué d'un numéro d'identification, de la journée, de l'heure, de Y, X, Z et nT et de F (0,1 nT). Ces

```
..11A

11 223 FFF 0002
11 223 VVV 0003

..14A

0001                    V
0101                    V
0201                    V
0924       F
0956       F

..12A

11 223 01 X +3900+3906+3909+3899+3899+3898+3898+3907+3899+3754+3821+3866
11 223 13 X +3901
11 223 01 Y +2061+2061+2112+2080+2068+2079+2099+2068+2063+1964+2008+2086
11 223 13 Y +2113
11 223 01 Z +8855+8836+8854+8779+8793+8775+8735+8717+8735+8575+8638+8694
11 223 13 Z +8748

..12F

11 218 01 X +3947+3927+3918+3912+3921+3912+3908+3918+3916+3900+3848+3862
11 218 13 X +3908+3895+3884+3893+3904+3895+3892+3876+3929+3921+3959+3966
11 218 01 Y +2091+2085+2105+2088+2083+2096+2092+2091+2079+2062+2010+2101
11 218 13 Y +2132+2124+2107+2111+2111+2080+2068+2042+2044+2038+2059+2072
11 218 01 Z +8898+8882+8893+8858+8847+8787+8784+8807+8804+8756+8625+8704
11 218 13 Z +8772+8796+8779+8778+8801+8805+8820+8836+8851+8863+8904+8944

..13A

11 223 01 X  0050 0051 0051 0016 0018 0019 0026 0018 0026 0217 0131 0076
11 223 13 X  0017
11 223 01 Y  0011 0023 0063 0072 0006 0026 0036 0033 0028 0160 0111 0060
11 223 13 Y  0021
11 223 01 Z  0035 0020 0080 0038 0016 0038 0038 0032 0045 0196 0132 0082
11 223 13 Z  0021

..18

..11 223 1331 +02087+13852+58732 604753
..11 223 1332 +02087+13852+58731 604741
..11 223 1333 +02087+13854+58731 604748
..11 223 1334 +02086+13855+58731 604744
..11 223 1335 +02086+13857+58731 604741

..20

ID YEAR DAY TIME = 11 82 216 1613
TEMP. HIGH LOW AND FS RATE = 30 00 01
RANGE  Y  00100
RANGE  X  00100
RANGE  Z  00100

..31

LINE CLEARED
```

**Figure 4.** TVS interrogation of station no. 11.
Interrogation par le système de vérification téléphonique de la station no. 11.

interval (seconds) for operation in fast sample mode. Range figures for Y, X, Z are in nT and are actually the limits used in sequential difference calculations for those components. If these limits are exceeded then error code C, D, or E will be recorded in the error messages. The TVS session is terminated using function code 31 for LOGOUT. AMOS responds by hanging up the telephone.

valeurs sont cumulées dans des mémoires internes et inscrites sur bande à toutes les dix minutes. Le code de fonction 20 fait imprimer les paramètres de démarrage de l'instrument en question. La première ligne est évidente. Les autres données sont des limites ayant des valeurs par défaut que l'opérateur peut changer. On peut voir sur la ligne 2 les limites minimales et maximales de la température (°C), au-delà desquelles il y a apparition d'un indicateur d'erreur. Sur cette ligne on donne également l'intervalle minimale admissible (secondes) pour le fonctionnement en mode d'échantillonnage rapide. Les chiffres de la fourchette pour Y, X, Z sont en nT, et sont en réalité les limites servant dans les calculs de la différence de valeurs successives pour ces composantes. Si ces limites sont dépassées, il y a enregistrement du code d'erreur C, D ou E dans les messages d'erreur. La séance du système de vérification téléphonique prend fin avec le code de fonction 31 qui demande LA FIN DE LA COMMUNICATION. AMOS répond en raccrochant le téléphone.

AUXILIARY CPU

The auxiliary CPU (Figure 1) receives periodic reset pulses from a counter. These are intended to guarantee that the CPU operates in all but the most extreme circumstances, such as component failure. It can therefore be relied upon to execute its program in spite of transient voltages or other intermittent problems. The auxiliary listens passively to communications on the RS232 port, awaiting a predetermined command sequence. If this is detected it generates a master RESET pulse to the main AMOS microcomputer. An operator thus has the capability to remotely attempt a complete system restart.

UCT AUXILIAIRE

L'unité centrale de traitement auxiliaire (figure 1) reçoit d'un compteur les impulsions périodiques de remise à zéro. Celles-ci ont pour objet de garantir que l'unité centrale de traitement fonctionne dans toutes les circonstances même les plus extrêmes, comme lors de la panne d'un élément constitutif. On est donc certain qu'il exécute son programme malgré des tensions transitoires ou d'autres problèmes intermittents. L'unité auxiliaire écoute sans intervenir les communications transitant par la porte RS232, en attente d'une succession, il lance une impulsion principale de REMISE À ZÉRO au microcalculateur principal d'AMOS. Un opérateur a donc la possibilité de tenter à distance un redémarrage complet du système.

CORPSE

The utility routine CORPSE (COSMAC Relocatable Partitioned Software Executive) is entered whenever a system reset occurs. Resets may be generated by the TVS operator using function code 99 if the AMOS program is running or using the special command sequence to activate the auxiliary CPU if the AMOS has stopped. A reset may also be produced using the keypad/display unit. CORPSE provides the system diagnostic capability and must communicate through a data terminal. A list of the facilities

CORPSE

Le programme de service CORPSE (COSMAC Relocatable Partitioned Software Executive) est lancé lorsqu'il y a remise à zéro du système. L'opérateur du système de vérification téléphonique peut remettre à zéro en faisant appel au code de fonction 99 si le programme d'AMOS est en cours d'exécution; ou bien la remise à zéro peut provenir d'une succession d'ordres spéciale servant à lancer l'unité de traitement auxiliaire si AMOS est arrêté. L'unité du bloc de touches et de l'affichage peut

available through CORPSE appears in Table 3. Diagnostic programs can be loaded remotely and then started. Memory can be subjected to a test where every possible bit pattern is written and then read back from every address or a bit pattern may be entered into memory and tested some time later to see if bits have changed. A parity check is also available which provides a good test of ROM integrity.

également être utilisée pour la remise à zéro. Le programme CORPSE est doté d'une fonction de diagnostic du système et il peut communiquer par l'entremise d'un terminal de données. Une liste de fonctions que le programme CORPSE met à la disposition de l'opérateur est donnée au tableau 3. Les programmes de diagnostic peuvent être chargés à distance et, ensuite, lancés. La mémoire peut être soumise à un test qui demande l'écriture de toutes les structures binaires possibles, puis la lecture à partir d'une adresse quelconque, ou l'introduction en mémoire d'une structure binaire et son essai plus tard afin de vérifier si les bits sont demeurés les mêmes. Une vérification de parité est également possible et constitue un très bon test de l'intégrité de la mémoire morte.

## KEYPAD STARTUP/CONTROL

Whilst the TVS capability provides for total control of an AMOS, circumstances were foreseen in which there would be no access to a reliable communication network. Under such circumstances local control is necessary and is achieved by means of the keypad. Figure 5 shows the layout of the keypad/display, with a pushbutton labelled EN (enable) and 24 keys in a 4 by 6 array along with an 8-digit 7-segment display. The EN pushbutton is a qualifier for R (reset), RP (run program) and RU (run utility) so that these keys are not recognized unless EN is simultaneously depressed. A reset of the AMOS thus requires a deliberate action, not just an accidental touch of the R key. Startup is accomplished using the following key sequence:

1. Hold EN, press:
   - R to reset,
   - RU to start CORPSE,
   - RP to run main AMOS program.

2. Press:
   - 3-digit day number
   - A
   - 2-digit hour
   - INC
   - 2-digit minute
   - E

## DÉMARRAGE ET COMMANDE À PARTIR DU BLOC DE TOUCHES

Même si l'on a donné au système de vérification téléphonique la conduite totale d'une station AMOS, on a prévu les cas où il serait impossible d'avoir accès à un réseau de télécommunications fiable. Dans ces cas, la conduite de la station est effectuée sur place au moyen d'un bloc de touches. La figure 5 nous montre le schéma du bloc de touches et de l'affichage, sur lequel on peut voir un bouton-poussoir appelé EN (validation) de même que 24 touches placées dans une matrice de 4 colonnes par 6 rangées et, enfin, un affichage de 8 chiffres à 7 segments. Le bouton-poussoir EN est un qualificateur pour R (remise à zéro), RP (exécution du programme) et RU (exécution du programme de service), de telle sorte que ces trois dernière touches n'ont aucun effet à moins que l'on ait appuyé en même temps sur EN. Une remise à zéro d'AMOS est donc le résultat d'une action voulue, et non la conséquence d'un enfoncement fortuit de la touche R. Le démarrage est réalisé par la succession d'étapes que voici:

1. Enfoncer EN, appuyer sur:
   - R pour remettre à zéro,
   - RU pour lancer CORPSE,
   - RP pour exécuter le programme principal AMOS.

2. Appuyer sur:
   - 3 chiffres constituant le numéro de la jounée
   - A
   - 2 chiffres correspondant à l'heure
   - INC
   - 2 chiffres correspondant à la minute
   - E

TABLE 3 - CORPSE Operating Instructions

| | |
|---|---|
| !Maddr data | Write data in memory from starting address. |
| ?Maddr | Read 16 bytes from memory at starting address. |
| $Paddr | Start program from address. |
| ?Paddr addr n | Calculate parity with offset n over address range. |
| !Faddr addr word | Fill memory over address range with word. |
| ?Faddr addr word | Compare memory over address range with word. |
| $Maddr addr addr addr | Move memory from 1st address range to 2nd. |
| $Caddr addr addr addr | Compare memory in 2 address ranges. |
| $Laddr addr | List memory over address range. |
| $Taddr addr nn | Test memory over address range with delay nn. |

TABLEAU 3 - Jeu d'instructions de CORPSE

| | |
|---|---|
| !Madresse données | Écriture des données en mémoire à partire de l'adresse de départ. |
| ?Madresse | Lecture de 16 octets de la mémoire à partir de l'adresse de départ. |
| $Padresse | Début du programme à partir de l'adresse. |
| ?Padresse adress n | Calcul de la partié avec un décalage n sur l'intervalle d'adresses. |
| !Fadresse adresse mot | Stockage du mot dans l'intervalle d'adresses. |
| ?Fadresse adresse mot | Comparaison du mot avec ce qui est en mémoire dans l'intervalle d'adresses. |
| $Madresse adresse adresse adresse | Transfert de ce qui est en mémoire dans le premier intervalle d'adresses dan le deuximème intervalle. |
| $Cadresse adresse adresse adresse | Comparaison des données mémorisées dans les deux intervalles d'adresses. |
| $Ladresse adresse | Énumération de ce qui est mémorisé dans l'intervalle d'adresses. |
| $Tadresse adresse nn | Test de l'intervalle d'adresses mémoire avec le retard nn. |

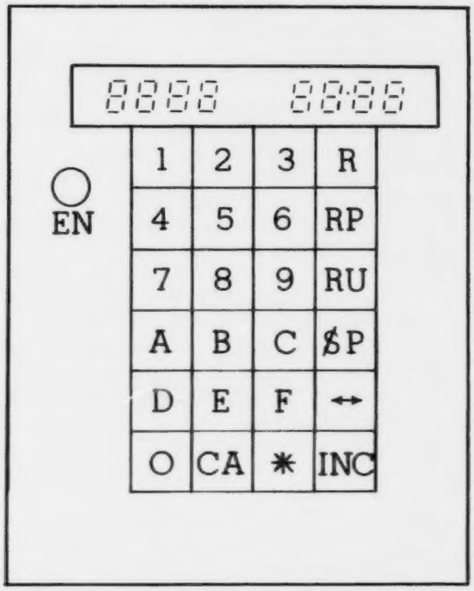


Figure 5. Keypad/display
Bloc de touches/affichage

3. Repeat step 2 as required for corrections.

4. Press $P (Date and time are transferred to main clock display).

5. Press * when time entered synchronizes with real time.

A modest amount of control is also available using various keys as follows:

1. To display date, time use D key:

   1st press - year + day;

   2nd press - time;

   3rd press - blank display.

3. Répéter l'étape 2 au besoin s'il y a des corrections à faire.

4. Appuyer sur $P (la date et l'heure seront transférées à l'affichage horloge principal).

5. Enfoncer * lorsque l'heure introduite est la même que l'heure réelle.

On peut commander certaines fonctions d'AMOS en utilisant les touches suivantes:

1. Pour afficher la date et l'heure, appuyer sur la touche D:

   une première fois pour indiquer l'année et le jour;
   une deuxième fois pour indiquer le temps;
   une troisième fois pour effacer l'affichage.

2. To operate FS tape use C key:

1st press - start at next minute;

2nd press - stop at next minute.

3. To adjust time use:

B to halt 1 second;
E to halt 200 milliseconds;
F to advance 1 second;
A to advance 200 milliseconds.

The above key sequences provide the minimum necessary to start the AMOS III and so provide the means whereby the system can still be effectively used without a data terminal.

OPERATING EXPERIENCE

For the period January to September 1982, with all network sites upgraded, there has been an increase to 89% in instrument up-time from 79% for the corresponding period in 1981. This figure is expected to improve even further. Static electrical discharges caused by local operator intervention at the site have resulted in numerous system halts. Electrically conductive floor mats have been installed around the instrument rack at all locations and this problem has disappeared. A fault in the uninterruptible power supplies which prevented proper battery charging after a power failure was responsible for some down-time and has since been corrected. Much of the remaining down-time was caused by problems with old tape decks which are now being phased out and replaced with cartridge-type recorders.

The TVS operator at Ottawa calls each site in the morning of every weekday. Call durations average 2 minutes during which hourly means and ranges and the error summary for 'yesterday' are obtained along with tape status, temperature and minute values for 'today'. If error messages occur then the detailed error summary is also obtained along with any other information, such as plots, deemed helpful. Most errors occur in the difference F-F* and these usually indicate a spurious PPM reading. Another common

2. Vous pouvez mettre en marche le dérouleur de bande ER en appuyant sur la touche C:

une première fois pour mettre en marche à la minute suivante;
une deuxième fois pour arrêter à la minute suivante.

3. Pour régler le temps, utiliser:

B pour attendre 1 seconde;
E pour attendre 200 millisecondes;
F pour avancer d'une seconde;
A pour avancer de 200 millisecondes.

Les opérations précédentes avec les touches constituent le minimum d'opérations à effectuer pour lancer AMOS III; ceci permet d'utiliser encore efficacement le système sans avoir recours à un terminal de données.

RÉSULTATS DE L'EXPÉRIENCE D'EXPLOITATION

Pour la période allant de janvier à septembre 1982, toutes les stations du réseau ayant été perfectionnées, on a relevé une augmentation de 79 % à 89 % du temps d'utilisation des instruments par rapport à la période correspondante en 1981. Cette augmentation devrait être encore meilleure dans l'avenir. Des décharges d'électricité statique causées par l'intervention d'opérateurs sur place ont donné lieu à un grand nombre d'arrêts du système. L'installation d'un tapis conducteur autour du support de l'instrument à tous les emplacements a réglé ce problème. Une défaillance des blocs d'alimentation sans coupure, qui empêchait le chargement de la batterie après une panne de l'alimentation, a donné lieu à des arrêts; ce problème a été corrigé par la suite. La majeure partie des autres arrêts a été imputable aux vieux dérouleurs de bande, que l'on a fait disparaître et remplacés par de nouveaux enregistreurs à cartouche.

L'opérateur du système de vérification téléphonique à Ottawa appelle tous les emplacements chaque matin de la semaine. Les appels durent en moyenne deux minutes durant lesquelles il obtient les moyennes et fourchettes horaires et le sommaire des erreurs «d'hier», de même que l'état de la bande, de la température et des valeurs moyennes «d'aujourd'hui». Si un message d'erreur apparaît, alors on fait afficher le sommaire détaillé des erreurs et d'autres informations, comme des graphiques, jugées utiles. La plupart des erreurs concernent

error which appears is the temperature fluctuating outside of the predefined limits. Any problems which require instrument maintenance are reported and in the great majority of cases these can be handled by means of a telephone call to the part-time contract operator at the site.

la différence de deux valeurs successives de F-F*, et ce genre d'erreur indique généralement une lecture du magnétomètre à protons parasite. Une autre erreur courante que l'on relève est la fluctuation de la température à l'extérieur des limites définies à l'avance. Tout problème qui exige un entretien de l'instrument est rapporté et, dans la grande majorité des cas, ces problèmes se règlent en appelant l'opérateur contractuel à temps partiel qui se trouve à l'emplacement.

**References**

Andersen, F., An Automatic Magnetic Observatory System. Pub. Earth Physics Branch, Vol. 44, No. 11, 1974.

Andersen, F., Telephone Verification System for Automatic Magnetic Observatories. Pub. Earth Physics Branch, Vol. 44, No. 5, 1973.

Kuberry, R., P. Orswell, J. Bradley, R. Grubb, F. Frischnect, Geomagnetic Monitoring System for the International Magnetospheric Study. IEEE Transactions on Geoscience Electronics, Vol. GE-17, No. 1, 1979.

**Références bibliographiques**

Andersen, F., An Automatic Magnetic Observatory System. Pub. Direction de la physique du globe, vol. 44, N° 11, 1974.

Andersen, F., Telephone Verification System for Automatic Magnetic Observatories. Pub. Direction de la physique du globe, vol. 44, N° 5, 1973.

Kuberry, R., P. Orswell, J. Bradley, R. Grubb, F. Frischnect, Geomagnetic Monitoring System for the International Magnetospheric Study. IEEE Transactions on Geoscience Electronics, vol. GE-17, N° 1, 1979.